

表 1 四川盆地西部上三叠统须家河组岩性特征

Table 1 Litho-characteristic of the Xujiahe Formation in the western Sichuan Basin

组 段	主要岩性特征
五段(T ₃ x ⁵)	灰色—深灰色细粒岩屑砂岩、粉砂岩、灰黑色页岩等,常见植物化石
四段(T ₃ x ⁴)	砾岩、含砾砂岩、岩屑砂岩夹砂质泥岩和泥灰岩,偶见煤线
三段(T ₃ x ³)	深灰色、灰黑色页岩、泥岩,夹粉—细砂岩、煤线及煤层。产瓣鳃、介形虫、孢粉及植物化石
二段(T ₃ x ²)	浅灰色、灰白色细—中粒岩屑长石砂岩、长石岩屑石英砂岩。上部夹砂砾岩,中部夹黑色页岩及煤线或煤层、俗称“腰带层”,产瓣鳃、介形虫等化石
一段(T ₃ x ¹)	灰色、深灰色砂质页岩,灰白色石英砂岩夹粉砂岩、砂质灰岩,含 <i>Burmesia lirata</i> , <i>Myophoria seperata</i> 等瓣鳃类化石 ^[11]

区几十口钻井中 2000 多块须家河组的岩石薄片进行系统的统计分析^[12],并利用 TriPlot 三角图软件,以 QmFLt, QpLvLs 为端元成分作砂岩三角投影图,其中 Qm 为单晶石英, F 为单晶长石总数, Lt 为多晶质岩屑, Qp 为多晶石英质碎屑(包括燧石), Lv 为火山岩屑(火山岩、变火山岩、浅成岩), Ls 为沉积岩和变质岩岩屑(燧石和硅化灰岩除外)。本文以 Dickinson 砂岩三角投影图为基础,结合研究区的沉积相特征,对晚三叠世须家河期龙门山的形成演化及四川盆地西部的演化特征进行探讨、分析。

2 砂岩组分分析

2.1 须一段(小塘子组)

从图 2a 的 QmFLt 三角图可知,龙门山北、中、南三段的砂岩投点几乎都落于石英再旋回造山带中,少数落于克拉通内部。从图 2b 的 QpLvLs 三角图可知,火山岩屑(Lv 端元)的含量几乎为零,这与该段砂岩组分的特征是一致的^[12],说明此时研究区无火山活动带来的物质;图中“褶皱—逆掩带物源区”不明显,反映出此时龙门山逆冲推覆体尚未形成或无褶皱—逆冲推覆运动带来的物质。

2.2 须二段

从图 3a 的 QmFLt 三角图可知,龙门山北段、中段的砂岩投点主要落于石英再旋回造山带中,并开始出现了过渡再旋回和岩屑再旋回造山带;南段则主要落于克拉通内部、过渡大陆区及石英再旋回造山带中。在图 3b 的 QpLvLs 三角图上,大量的砂岩投点落在“褶皱—逆掩带”之上,这说明龙门山逆冲带在须二期开始了逆冲推覆,并为研究区提供了部分沉积物,在逆冲带形成的过程中伴随着大量岩浆的喷发,这与须二段出现的大量岩浆岩岩屑是相互符合的^[12]。

2.3 须三段

从图 4a 的 QmFLt 三角图可知,龙门山北、中、南三段的砂岩投点几乎都落于再旋回造山带中(少数落于克拉通内部),过渡再旋回和岩屑再旋回的几率比须二段增多;从图 4b 的 QpLvLs 三角图

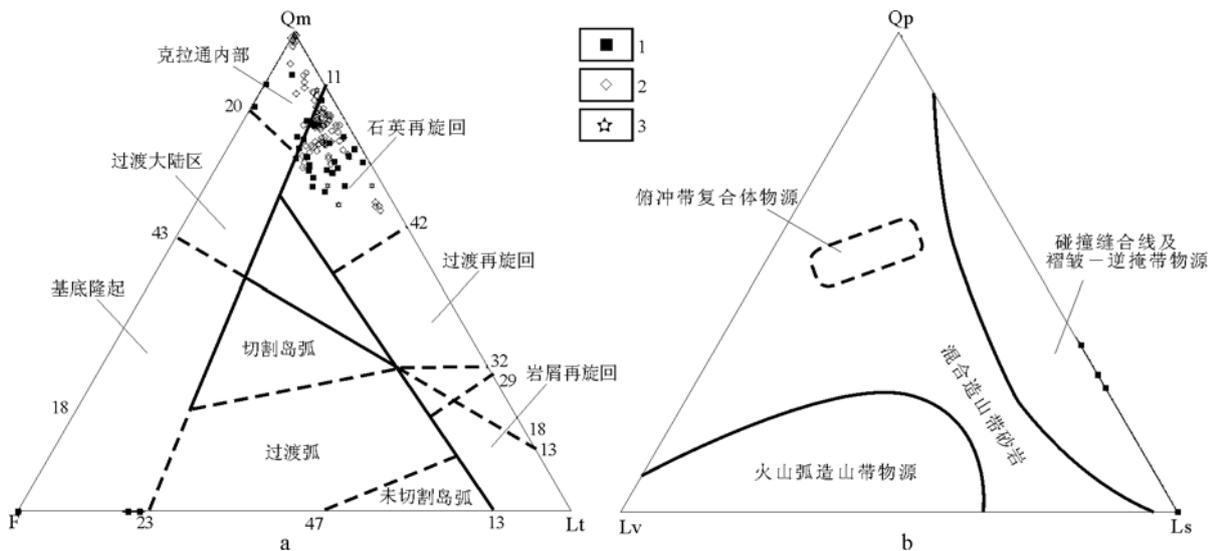


图 2 龙门山前缘须一段 QmFLt、QpLvLs 三角图

1. 龙门山南段; 2. 龙门山北段; 3. 龙门山中段(下列各图样品位置相同)

Fig. 2 The QmFLt and the QpLvLs triangular diagrams of the first section of the Xujiahe Formation in the Longmenshan front

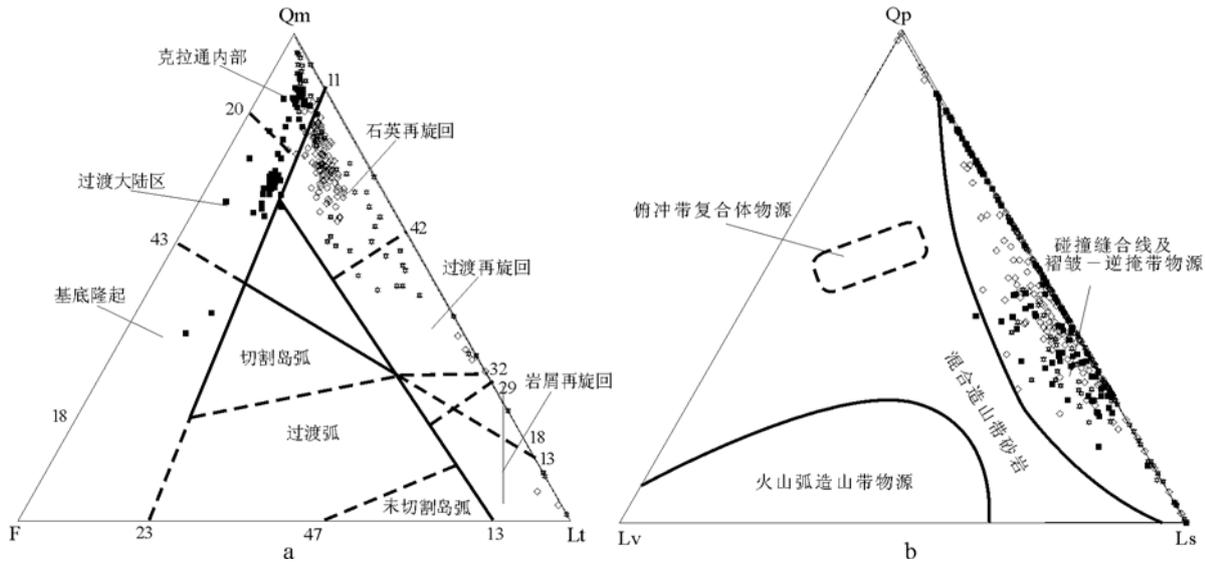


图 3 龙门山前缘须二段 QmFLt、QpLvLs 三角图
 Fig. 3 The QmFLt and the QpLvLs triangular diagrams of the second section of the Xujiahe Formation in the Longmenshan front

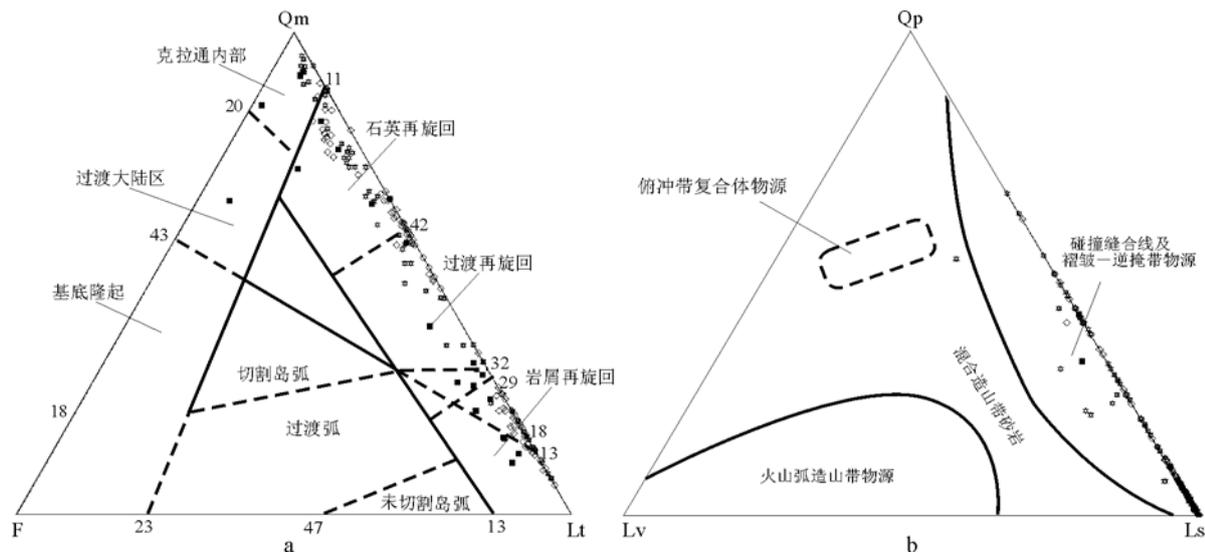


图 4 龙门山前缘须三段 QmFLt、QpLvLs 三角图
 Fig. 4 The QmFLt and the QpLvLs triangular diagrams of the third section of the Xujiahe Formation in the Longmenshan front

可知,大量的砂岩投点落于“褶皱-逆掩带”之上,这些都表明该期龙门山的逆冲推覆运动,在经过须二期的缓慢运动后,又有了进一步的活动,且幅度大于须二期,它为研究区提供了大量的物源。

研究区砂岩的轻、重矿物发生了较明显的变化,一些地区出现了大量的沉积岩岩屑,如在龙门山北段(沉积岩岩屑主要以碳酸盐岩为主),思依 1 井砂岩的岩屑含量由须二段的 14.30%,上升至须三段的 76.00%,关基井由须二段的 11.57%,上升至 74.00%;在龙门山中段(沉积岩岩屑以碳酸盐岩、粉砂岩、泥页岩为主),川鸭 92 井砂岩岩屑的含

量由须二段的 8.29%,上升至须三段的 33.00%,丰谷 1 井由须二段的 12.50%,上升至须三段的 48.00%;在龙门山南段(沉积岩岩屑主要以粉砂岩、泥页岩为主),白马 8 井砂岩的岩屑含量由须二段的 8.04%,上升至须三段的 60.00%,大深 1 井由须二段的 2.57%,上升至须三段 35.00%。这说明随着龙门山逆冲推覆体的持续隆升,它已成为了研究区的主要物源区,并为该区提供了大量抗磨蚀性差的岩屑。

2.4 须四段

从图 5a 的 QmFLt 三角图可知,龙门山北、

中、南三段的砂岩投点几乎都落于再旋回造山带中(少数落于克拉通内部),过渡再旋回和岩屑再旋回的几率与须三段相当;从图 5b 的 QpLvLs 三角图可知,大量的砂岩投点落于“褶皱—逆掩带”之上,这些都表明该期龙门山的逆冲推覆运动是相当强烈的,并为研究区提供了大量的物源。

在龙门山北段,须四段砂岩的岩屑主要还是沉积岩岩屑,碳酸盐岩岩屑特别发育,含量高达 95% 以上;鱼 1 井砂岩岩屑的含量由须三段的 18.00%, 上升至须四段的 66.06%, 在须四段底部发育了大套的砾石,砾石成分主要为灰岩及白云岩;在广元工农镇剖面里,须四段底部同样也发育了大套的砾石,砾石成分也主要是灰岩及白云岩;研究分析表明,这些砾石的时代主要为 D—T₂^[12]。在龙门山南段,未见有砾石层发育,须四段砂岩岩屑也主要是沉积岩岩屑,但主要含量是粉砂岩与泥页岩组合;白马 8 井砂岩岩屑的含量由须三段的 60.00%, 下降至 27.91%;大深 1 井砂岩岩屑的含量在须四段为 34.54%, 与须三段的 35.00% 相当。在龙门山中段,须四段砂岩岩屑也主要是沉积岩岩屑,主要为碳酸盐岩、粉砂岩及泥页岩组合,反映出龙门山中段是南、北两段的“过渡带”;川鸭 92 井砂岩岩屑的含量由须三段的 33.00%, 上升至须四段的 38.40%;川合 100 井砂岩岩屑的含量由须三段的 21.00%, 上升至须四段的 48.93%。

上述说明受安县运动(该运动发生于晚三叠世诺利期与瑞替期之间)的影响,龙门山业已褶皱成山,为研究区提供了大量的沉积物质,并在龙门山

北段前缘发育了以碳酸盐岩砾石为主的砾岩层,其砾径一般在 10 cm 左右,大者达 70 cm^[17];安县运动对研究区的影响,由龙门山北段、龙门山中段至龙门山南段,其影响力逐渐减弱。

2.5 须五段

图 6 中须五段 2 个三角图的特征基本上与图 5(须四段)是一致的,整个研究区石英的含量开始回升,岩屑的含量开始回落,但岩屑的特征仍与须四段保持一致^[12]。这表明:须五期整个研究区的构造背景较须四期“安静”,但龙门山逆冲推覆体仍然是其主要的物源区。

3 古地理演化特征

3.1 须一期(小塘子期)

卡尼期末(马鞍塘期末),松潘—甘孜地区在三叠系西康群沉积后,发生褶皱变形作用,这是松潘—甘孜地区形成褶皱带的首次构造运动,也是最为重要的一次构造运动^[8]。然而,这次变形作用并未使松潘—甘孜地区露出水面,四川盆地西部水体与其西部的松潘—甘孜地区海水仍有联系,变形作用对东侧的四川盆地没有重大影响。前人研究表明^[6,12],须一期的沉积仅限于研究区的西部,主要为三角洲前缘及滨岸沉积环境,沉降中心在绵阳、成都、邛崃以西,厚度 100~300 m;又由于中三叠世末,以泸州、开江为核心的水下古隆起进一步上升为陆,形成泸州和开江古隆起,整个上扬子区的抬升进一步形成东高西低地势,海水由东向西退缩^[18],故研究区的物源主要来源于东边的川中古

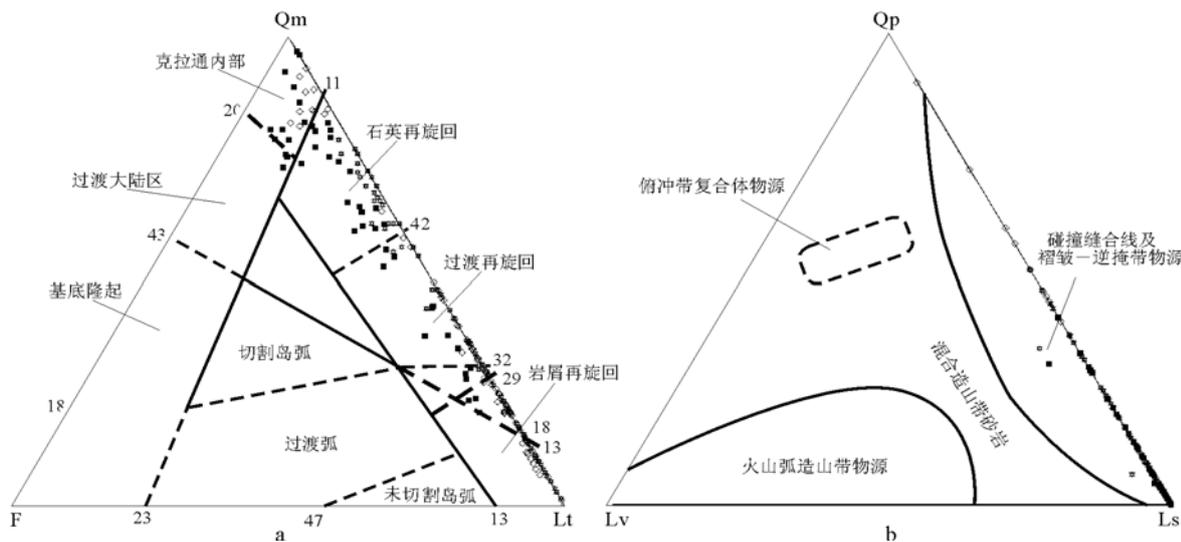


图 5 龙门山前缘须四段 QmFLt、QpLvLs 三角图

Fig. 5 The QmFLt and the QpLvLs triangular diagrams of the fourth section of the Xujiahe Formation in the Longmenshan front

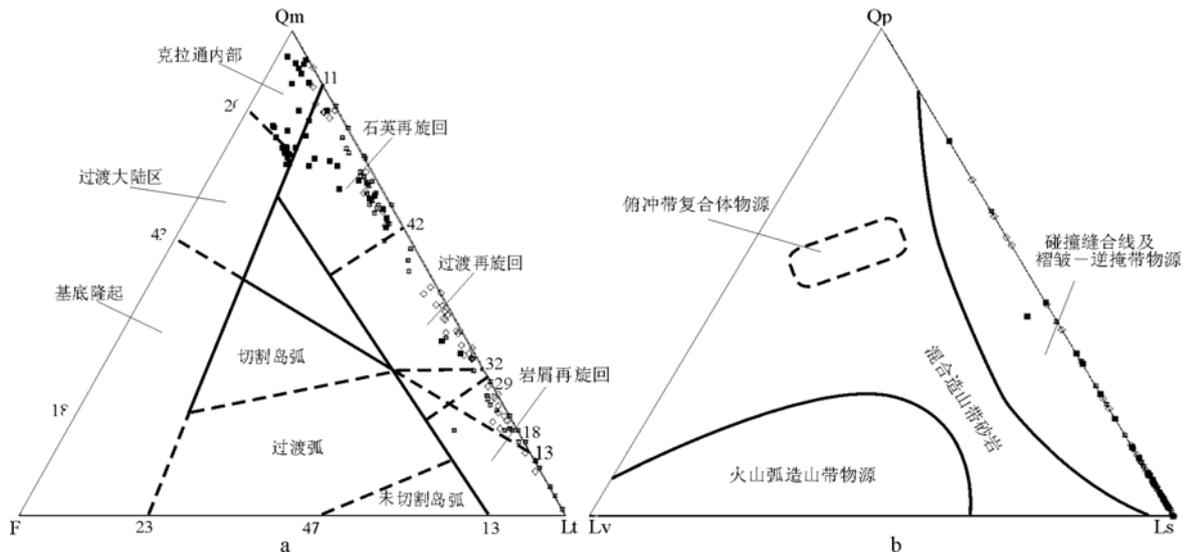


图 6 龙门山前缘须五段 QmFLt、QpLvLs 三角图

Fig. 6 The QmFLt and the QpLvLs triangular diagrams of the fifth section of the Xujiahe Formation in the Longmenshan front

隆起和北边的秦岭造山带,这与在什邡金河和绵竹汉旺等地区,三角洲前缘发育的滑塌构造和三角洲平原分流河道砂体中发育的斜层理构造等特征是相互符合的。

3.2 须二期

须二期龙门山逆冲带开始逆冲推覆,在研究区西部形成造山带雏形,部分隆升幅度较大的地区开始露出海面并构成北东向展布的岛链,岛链以西为大面积收缩的多岛残余海盆地,以东则为以挤压拗陷沉降为主的川西前陆盆地,即真正意义上的川西前陆盆地开始演化形成。随着研究区西边岛链的形成,特别是九顶山、摩天岭的隆升,半分隔了阿坝海域,形成了须二期的海湾,使得研究区普遍发育三角洲沉积,形成了巨厚的砂体,自西向东减薄。根据已有报道的古流向^[6,19~21],须二段在广元地区主要为南南东至南南西流向,也有反映前陆隆起供给的物源由东向西的古水流指向;什邡地区的须二段古流向 74°,近于向东,反映是西侧龙门山逆冲推覆体隆起剥蚀区提供的物源。综上所述,研究区的物源主要来自于东边的川中古隆起和北边的秦岭造山带,龙门山逆冲推覆带提供的物源则次之。

3.3 须三期

受龙门山逆冲带持续逆冲推覆的影响,西边的岛屿进一步的抬升扩大,并大部分连绵形成小山脉,除局部地层中含少量半咸水双壳类,表明与古特提斯海仍有通道沟通^[17]外,研究区基本结束了海相沉积,几乎进入了以陆相沉积环境为主的演化期,主要为湖相三角洲前缘亚相、滨浅湖及湖相三

角洲平原亚相沉积^[12]。本期研究区的物源主要来自于西边的龙门山逆冲推覆体。

3.4 须四期

受安县运动的影响,龙门山逆冲带逆冲推覆成山,使整个研究区真正进入了陆相的沉积环境。此时研究区主要为冲积扇、湖相辫状河三角洲及滨浅湖沉积^[12],物源主要来自于西边的龙门山逆冲带。

3.5 须五期

本期继承了须四期的构造演化特征及沉积特征,沉积环境较为稳定,主要为滨浅湖相、湖相辫状河三角洲沉积,沉积范围进一步扩大,已覆盖整个四川盆地,地层仍具有西厚东薄的沉积特征^[12]。受印支运动晚幕的影响,安县一中坝构造—九龙山构造一线以北广大地区遭受剥蚀,须五段地层无保留。本期物源仍主要来自于西边的龙门山逆冲带。

4 结论

1)通过对须家河组砂岩组分的分析,表明:龙门山逆冲推覆体的演化是个渐变的过程,从须一期→须二期→须三期→须四期→须五期,龙门山逆冲推覆体的演化是由弱→强→弱,须三末期—须四早期为龙门山逆冲推覆体演化最强的时期,并在须四早期,强烈褶皱成山。

2)四川盆地西部晚三叠世须家河期古地理的演化,基本上受控于龙门山逆冲推覆体的演化;它是一个由海相→海陆过渡相→陆相环境的演化过程,同时也是一个前陆盆地形成和演化的过程:须一期,龙门山逆冲推覆体尚未形成,研究区主要为

海相三角洲、滨岸相沉积;须二期,龙门山逆冲推覆体开始逆冲推覆,并为研究区提供了部分的沉积物,川西前陆盆地开始演化形成,此时研究区主要为海相三角洲沉积;须三期,受龙门山逆冲推覆体持续逆冲推覆的影响,龙门山逆冲推覆体开始成为研究区的主要物源区,研究区基本结束了海相沉积,几乎进入了以陆相沉积环境为主的演化期;须四早期,受安县运动的影响,龙门山逆冲推覆体强烈褶皱成山,并为研究区提供了大量的沉积物质,研究区与阿坝海域完全隔绝,真正进入了陆相的沉积环境。

致谢:本文在完成过程中得到了朱利东教授和李祥辉教授的指导,在此表示感谢。

参考文献:

- 罗志立. 龙门山造山带岩石圈演化的动力学模式[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 1~7
- 邓康龄. 四川盆地形成演化与油气勘探领域[J]. 天然气工业, 1992, 12(5): 7~12
- 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 1~167
- 李勇, 曾允孚, 伊海生. 龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1995. 1~92
- 刘树根, 童崇光, 罗志立等. 川西晚三叠世前陆盆地的形成与演化[J]. 天然气工业, 1995, 15(2): 11~15
- 颜仰基, 吴应林. 巴颜喀拉—川西边缘前陆盆地演化[J]. 岩相古地理, 1996, 16(3): 16~29
- 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉. 四川盆地形成与演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 1~200
- 刘树根, 罗志立, 赵锡奎等. 龙门山造山带—川西前陆盆地系统形成的动力学模式及模拟研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(5): 432~438
- 贾东, 陈竹新, 贾承造等. 龙门山前陆褶皱冲断带构造解析与川西前陆盆地的发育[J]. 高校地质学报, 2003, 9(3): 402~410
- 胡晓强, 陈洪德, 纪相田等. 川西前陆盆地侏罗系三角洲沉积体系与沉积模式[J]. 石油实验地质, 2005, 27(3): 226~231
- 四川盆地陆相中生代地层古生物编写组. 四川盆地陆相中生代地层古生物[M]. 成都: 四川人民出版社, 1984. 1~622
- 林良彪. 川西前陆盆地上三叠统须家河组沉积相及岩相古地理演化[D]. [学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2005
- Dickinson W R, Suzeck C C. Plate tectonics and sandstone compositions[J]. AAPG Bulletin, 1979, 63: 2164~2182
- Dickinson W R, Beard L S, Brakenridge G R, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting[J]. GSA Bulletin, 1983, 94: 222~235
- Dickinson W R. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones[A]. In: Zuffa G G, ed. Provenance of Arenites[M]. Dordrecht: Reidel Publishing Co, 1985. 333~361
- Ingersoll R V, Bullard T F, Ford R L. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1984, 54: 103~116
- 李叔兵, 何鲤, 柳梅青. 四川盆地晚三叠世以来陆相盆地演化史[J]. 天然气工业, 1999. 19(增刊): 18~23
- 汪泽成, 赵文智, 张林等. 四川盆地构造层序与天然气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2002. 1~287
- 邓康龄. 四川盆地西部上三叠统岩相及其与油气关系的探讨[A]. 石油普查勘探局编. 石油地质文集(7)沉积相[C], 北京: 地质出版社, 1983. 150~159
- 赵玉光, 肖林萍. 龙门山中生代前陆盆地时间地层格架及其盆地生长的动态模型研究[J]. 四川地质学报, 1994, 14(3): 217~224
- 崔秉荃, 龙学明, 李元林. 川西坳陷的沉降与龙门山的崛起[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 39~45

SANDSTONE COMPOSITIONS AND PALEOGEOGRAPHIC EVOLUTION OF THE UPPER TRIASSIC XUJIAHE FORMATION IN THE WESTERN SICHUAN BASIN, CHINA

Lin Liangbiao¹, Chen Hongde¹, Zhai Changbo², Hu Xiaoqiang¹, Li Junwen¹

(1. State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation, Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Based on the sandstone compositions analysis of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Western Sichuan Basin, the authors tried to discuss the paleogeographic evolution of the study area. According to the current stratigraphic division, sandstone-chips were counted and analyzed with the Gazzi-Dickinson point-counting method. And the QmFLt & the QpLvLs triangular diagrams were established from Dickinson's research ideas. The triangular QmFLt plot show that sandstone compositions began locating Transitional Recycled Provenance and Lithic Recycled Provenance in the second section of the Xu-

jiage Formation (T_3x^2), and the results were more obvious in the third and fourth sections of the Xujiahe Formation (T_3x^3 and T_3x^4). The triangular QpLvLs plot show that sandstone compositions began locating Fold-Thrust Provenance in the second section (T_3x^2), and the results were also more obvious in the third and fourth sections (T_3x^3 and T_3x^4). Combined with sedimentary facies of the Xujiahe Formation in the study area, it was indicated that Longmenshan thrust belt began uplifting and providing the sediment in the second section (T_3x^2), and West Sichuan Foreland Basin began developing in the second section (T_3x^2); In the third section (T_3x^3), the Longmenshan thrust belt took place strongly uplifted and became the primary provenance area. Because of influence by the An'xian movement in the fourth section (T_3x^4), the Longmenshan thrust belt uplifted and became a mountain which really changed the study area into terrestrial sedimentary environment.

Key words: sandstone compositions; the Xujiahe Formation; the Upper Triassic; the Longmenshan; thrust belt; the Western Sichuan Basin



(上接第 510 页)

- | | |
|--|--|
| 17 矿成矿年代学研究[J]. 铀矿地质, 2003, 19(3): 129~138 | 21 罗霞, 李剑, 胡国艺等. 鄂尔多斯盆地侏罗系煤生、排油能力实验及其形成煤成油可能性探讨[J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 76~81 |
| 18 张福礼. 多旋回与鄂尔多斯盆地石油天然气[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 138~142 | 22 陈建平, 黄第藩. 鄂尔多斯盆地东南缘煤矿侏罗系原油油源[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 100~104 |
| 19 席胜利, 刘新社, 王涛. 鄂尔多斯盆地中生界石油运移特征分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 229~235 | 23 王驹, 杜乐天. 论铀成矿过程中的气还原作用[J]. 铀矿地质, 1995, 11(1): 19~24 |
| 20 姚素平, 胡文瑄, 薛春燕等. 瓦窑堡煤系有机岩石学特征及煤成烃潜力研究[J]. 沉积学报, 2004, 22(3): 518~525 | |

OCCURRENCE AND CORRELATION OF VARIOUS ENERGY RESOURCES IN THE ORDOS BASIN

Chang Xiangchun, Wang Mingzhen, Guo Haihua

(Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China)

Abstract: The Ordos Basin is rich in oil, natural gas, coal, coalbed methane and sandstone-type uranium deposits. Oil pools mainly locate in Triassic and Jurassic in the south. Natural gas vertically situates beneath oil pools in the north. Coal measures are widespread. The margin of the basin is characterized by sandstone-type uranium deposits and abundant in coalbed methane. Geneses of various energy resources have been defined by source investigations. Oil is mainly originated from Mesozoic lacustrine source rocks. Natural gas derives from Upper Paleozoic coal series as well as marine limestones. Coalbed gas is formed during the coalification of coal accumulation centers. Uranium source may be offered by medium-acidic granite and uranium-bearing formation. Timing and formation mechanism of these resources suggest that there are genetic relationships among them, especially the difficulty for Jurassic coal to form commercial oil accumulation, the contributions of coal to natural gas, the supplement of coalbed methane to deep basin gas and the reduction of natural gas to uranium deposits.

Key words: energy resources; genetic relationship; genesis of oil-gas; oil-gas distribution; the Ordos Basin